

Zur Methodik der Blutdruckbestimmung in den Netzhautgefäßen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

Eduard Kloter

von Zug

München 1952

Von der Medizinischen Fakultät genehmigt auf Antrag
von Professor Dr. F. Rintelen

Promotion: Basel, den 21. Dezember 1951



Sonderdruck aus: Graefes Archiv, Band 152, Heft 6
(Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg)

Aus der Ophthalmologischen Klinik und Poliklinik der Universität Basel
(Vorsteher: Prof. Dr. F. RINTELEN).

**Zur Methodik der Blutdruckbestimmung
in den Netzhautgefäßen.**

Von

EDUARD KLOTER.

Mit 2 Textabbildungen.

Die Bestimmung des Netzhautarteriendruckes (Nad.) auf indirektem, unblutigem Wege wird heute in der Praxis meist mit dem Baillart- oder Sobansky-Dynamometer vorgenommen; den übrigen Meßinstrumenten kommt mehr nur historische oder technisch-wissenschaftliche Bedeutung zu (vielleicht abgesehen vom Instrument nach MÜLLER, BRÜNIG und SOHR, das in Deutschland Verwendung findet). Wir erwähnen hier den Apparat von BLIEDUNG (1924: luftdichte zylindrische Kapsel, die an ein Manometer angeschlossen ist), denjenigen von BAURMANN (1929, der stets auf den jeweiligen Barometerdruck eingestellt werden muß), das spritzenförmige, mit einem Wassermanometer verbundene Ophthalmodynamometer von UYEMURA und SAGANUMA (1934/36), wie auch das Instrument von SPINELLI (1934), das an Stelle der Spiralfeder eine flache, armbrustartig gespannte Bandfeder aufweist, die temperaturunabhängig sein soll und schon kleinere Differenzen anzeigt. MÜLLER, BRÜNIG und SOHR (1938) haben die Vorteile des Sobansky-Instrumentes — die verstellbare Federspannung für hohe und tiefe Werte bis minimal 15 g — und diejenigen des Baillart-Dynamometers in einem Apparat vereinigt und besonderen Wert auf die Verminderung des Reibungswiderstandes gelegt. Ihr Dynamometer besitzt wie dasjenige von SOBANSKY eine konkave, der Bulbusoberfläche angemessene Pelotte, was einem Abgleiten am Auge entgegenwirken soll; die Aufsatzfläche des BAILLARTSchen Dynamometers ist leicht konvex gebaut.

Alle diese Methoden der Nad.-Messung beruhen auf dem gleichen Prinzip, das hier kurz geschildert sei.

Wir stellen durch eine willkürliche Steigerung des Intraoculardruckes einen Gleichgewichtszustand her zwischen dem Augeninnendruck und dem Blutdruck in den Netzhautgefäßen. Die beiden sich das Gleichgewicht haltenden Kräfte, der Retinalgefäßblutdruck und der künstlich erhöhte Intraoculardruck sind also annähernd — d. h.: wenn wir die in der Gefäßwandspannung selbst liegende Kraft nicht mitberücksichtigen — gleich groß. Wir können somit aus unserem artefiziell erzeugten Druck direkt auf den Blutdruck schließen, der in

dem von uns beobachteten Gefäß, bzw. an seiner nächst höheren Abzweigstelle herrscht, oder allgemeiner: auf den Nad.

Wir gehen dabei so vor, daß wir bei meist erweiterter Pupille den vorbestehenden — mit dem Schiötz-Tonometer meßbaren — Intraocular-druck solange mit einem Dynamometer erhöhen, bis wir ein erstes Pulsieren einer Papillenarterie an ihrer Abzweigstelle aus dem Zentralgefäß erkennen (diastolischer Nad.) bzw. ihr bleibendes Kollabieren (systolischer Nad.) beobachten können. Das Pulsieren besteht in einem vollständigen Zusammenfallen des Gefäßes während der Diastole. Dabei bemühen wir uns, den niedrigsten Druck ausfindig zu machen, der zur Erzeugung dieser Pulsphänomene nötig ist.

Besonders der Ophthalmologe ist um die Kenntnis des Nad. bemüht, gibt sie ihm doch wertvollen Aufschluß über die Entstehung gewisser Augenerkrankungen, seien dies die verschiedensten Gefäßkrankungen am Augenhintergrund, seien es Veränderungen an der Papille, seien es Störungen der Kammerwasserzirkulation. Zweifellos kommt dem Nad. für die Pathogenese der Glaukomsymptome und für die Opticus-atrophie besondere Bedeutung zu. Auch dem Internmediziner und Neurologen gibt der Nad. auf unblutigem Wege Einblick in die Druckverhältnisse in den Cerebralgefäßen, sowie die Möglichkeit, Pharmaka und extrakranielle chirurgische Eingriffe (wie z. B. Grenzstrangausschaltung) im Hinblick auf ihre Wirkung im Bereich der Hirngefäße zu überprüfen. Die Netzhautgefäße dürfen wir ja auf Grund ihrer anatomischen Beschaffenheit, ihres funktionellen Verhaltens und ihrer pathologischen Veränderungen in mancher Hinsicht zu den Hirngefäßen in Parallele setzen.

Neuerdings berechnete WEIGELIN (1950) aus den Ergebnissen der Nad.-Messung auf Grund einer nach dem HAGEN-POISEUILLESchen Gesetz hergeleiteten Formel das Verhältnis des systolischen zum diastolischen Radius der Carotis und gewinnt so weitere Anhaltspunkte über die Strömungsverhältnisse im Verzweigungsgebiet der A. carotis.

Der Nad. entspricht nach BAILLART der Hälfte des in mm Hg angegebenen Wertes des allgemeinen Blutdruckes. Das Verhältnis Nad. zu Brachialisdruck beträgt nach diesem Autor 45:100 für den diastolischen und 54:100 für den systolischen Blutdruck. Auch andere Untersucher sind zu dieser Relation gekommen (BERENS 1928 und LOPEZ 1938). STREIFF hat auf Grund statistischer Untersuchungen an normalen Versuchspersonen die Formel

diastolischer Nad. in g = $\frac{\text{diast. allgem. BD in mm Hg}}{2} \pm 7 \text{ g}$ gefunden.

Er bezeichnet eine Differenz von $\pm 15 \text{ g}$ als „signifikant“, eine solche von $\pm 20 \text{ g}$ als „pathologisch“. Auf die Bedeutung des Nad. haben

wir hier im einzelnen nicht weiter einzugehen, sondern wir wollen uns mit der methodischen Gewinnung der Nad.-Werte und den dabei auftretenden Fehlermöglichkeiten beschäftigen.

In den durch STREIFF und MONNIER (1946) tabellarisch zusammengestellten Durchschnittswerten verschiedener Untersucher zeigen sich beträchtliche Unterschiede. Daß dies nicht allein an der differenten Methodik liegen kann, geht aus der Tatsache hervor, daß wir bei Betrachtung der mit gleichen Instrumenten erhaltenen Durchschnittsergebnisse mehrerer Autoren ebenfalls noch eklatante Differenzen feststellen können. In der Methodik müssen also offensichtlich gewisse Fehlerquellen liegen, deren Nichtbeachtung zu Fehlmessungen führen kann oder muß.

Das praktisch meistverwendete Instrument zur Erhöhung des Intraoculardruckes ist das Dynamometer von BAILLART. Dieses besteht aus einem Metallstab, der auf eine Spiralfeder drückt. Das ganze ist in einer Metallhülse verschieblich. Am einen Ende des Stabes findet sich ein konvexer Kopf, der auf die Conjunctiva sclerae im lateralen Lidwinkel aufgesetzt wird. Bei Ausübung des Druckes auf den Bulbus verschiebt sich der Stift in der Hülse proportional der aufgewandten Kraft, und wir können an einer Skala den gefundenen Wert in Gramm ablesen.

Überblicken wir die bei den Nad.-Messungen denkbaren Fehlerquellen, so ergeben sich folgende Möglichkeiten:

1. Im Dynamometer selbst liegende Fehlerquellen.
2. Unrichtige Einwirkung des Instrumentes auf den Bulbus.
3. Reaktion des Patienten auf den Untersuchungsakt in Form einer Fluchtbewegung; psychogene Blutdruckbeeinflussung meist im Sinne einer Steigerung des Blutdrucks; reflektorisch einsetzender Blepharospasmus, der eine Erhöhung der intraocularen Spannung zur Folge hat, was natürlich mit dem Registrieren zu niedriger Dynamometerwerte verbunden ist. Inwieweit dieser Fehler durch die unter 2. angegebene zu hohe Messung kompensiert wird, läßt sich weder im Einzelfall noch generell beurteilen.

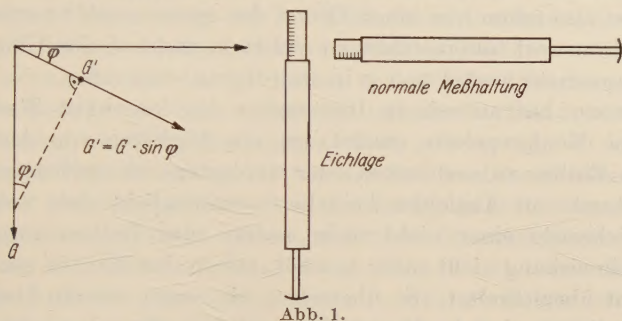
4. Die ungenaue Beobachtung des Gefäßphänomens oder die Verwendung differenter Gefäßzustandsbilder für den gleichen Messungszweck.

5. Fehler, die der Umrechnungsmodus und die Einbeziehung des vorbestehenden Tonometerdruckes in sich schließen.

Betrachten wir zuerst das oben beschriebene Instrument von BAILLART. Bei einer Nachprüfung der Skalenwerte finden wir, daß das Instrument in vertikaler Lage mit Pelotte nach unten geeicht ist. Unsere Haltung des Apparates sowohl bei der Messung am sitzenden wie am liegenden Patienten ist aber eine annähernd horizontale. Daran

können wir nun — bei vollständiger Vernachlässigung der sehr kleinen Reibungswiderstände, die im Instrument enthalten sind — folgende Überlegungen knüpfen:

Die Eichung ist so getroffen, daß das Eigengewicht G des Stempelstiftes voll mit einberechnet ist, d. h. von der auf die Pelotte wirkenden Kraft mitüberwunden werden muß. Da wir aber in einem Winkel von 90° dazu, also in horizontaler Lage (s. Abb. 1) unsere Messungen vornehmen, so ergibt sich ein Fehlbetrag, der vom effektiv eingehaltenen Winkel abhängig ist. Nach der trigonometrischen Definition $\sin \varphi =$



Gegenkathete durch Hypothenuse können wir sagen: G wird leichter beim Annähern an die Horizontale um den Betrag

$$G - G \sin \varphi = G (1 - \sin \varphi).$$

Infolgedessen ist die effektiv aufgewandte Kraft

$$K_{\text{eff}} = K_{\text{skala}} - G (1 - \sin \varphi).$$

Folgende, zum Teil hypothetische Beispiele zeigen dies noch anschaulicher.

1. Es ergibt sich für die optimale Meßlage in der Horizontalen (d. h. $\varphi = 0$)

$$\varphi = 0, \quad \sin \varphi = 0, \quad K_{\text{eff}} = K_{\text{skala}} - G$$

oder z. B. für einen Winkel von 5° unter der Horizontalen

$$\begin{aligned} \sin 5^\circ &= 0,087 & G &= 20 \text{ g} \\ K_{\text{eff}} &= K_{\text{skala}} - G (1 - \sin 5^\circ) \\ &= K_{\text{skala}} - 20 \text{ g} (1 - 0,087) \\ &= K_{\text{skala}} - 20 \text{ g} (0,913) \\ &= K_{\text{skala}} - 18,26. \end{aligned}$$

2. Für die maximale Fehllage nach oben, also 180° von der Eichlage entfernt, ergibt sich so ein

$$\varphi = -\frac{\pi}{2}, \quad \sin \varphi = -1, \quad K_{\text{eff}} = K_{\text{skala}} - 2G.$$

3. Als Probe für die Eichlage

$$\varphi = \frac{\pi}{2}, \quad \sin \varphi = 1, \quad K_{\text{eff}} = K_{\text{skala}}.$$

Da die hier gezeigte, je nach dem Winkel φ verschieden große Fehl-angabe sich immerhin in der Größenordnung des Stempel-eigengewichtes, d. h. eines Wertes um durchschnittlich 10 g bewegt, ist der daraus resultierende Fehlbetrag in der Ermittlung des Nad. nicht irrelevant. Wir müssen deshalb danach trachten, diese Fehlerquelle zu umgehen, indem wir den abgelesenen Skalenbetrag nicht als effektiven Stempel-druck werten, sondern nur als Kennmarke betrachten, um später diesen gleichen Stempeldruck zur tonometrischen Bestimmung des Kombinationswertes, d. h. des gesuchten Nad. reapplizieren zu können. Wir haben also schon hier einen Grund den später noch zu erörternden Kombinationswert tonometrisch zu ermitteln und auf eine Umrechnung des Dynamometerwertes von g in mm Hg zu verzichten.

SOBANSKY hat an seinem Instrument den konvexen Stempelkopf durch eine Konkavpelotte ersetzt, um ein Abgleiten von der Ansatz-stelle am Bulbus zu verhindern oder wenigstens zu erschweren. Wohl wird dadurch ein Abgleiten beinahe verunmöglicht, wir werden uns aber gleichzeitig einer nicht mehr radiär zum Bulbus ausgeführten Stempel-einwirkung nicht mehr bewußt, sofern das Kanten ein gewisses Maß nicht überschreitet. So übersehen wir, wenn nur ein Untersucher dynamometriert, eine der Hauptfehlerquellen, während uns die konvexe Pelotte immerhin schon bei geringerem Grade des Kantens durch Abgleiten vom Bulbus darauf aufmerksam machen kann. Diese Fehler ergeben sich beim schrägen, d. h. nichtradiären Drücken dadurch, daß zur Erreichung eines gegebenen Druckes nach dem Kräfteparallelo-gramm ein höherer Stempeldruck aufzuwenden ist, als dem effektivem Druckwert entspricht.

Hauptsächlich um dieses Kanten zu vermeiden und auch um das genaue und rasche ophthalmoskopische Erfassen des ersten deutlichen Pulsierens zu ermöglichen, haben RINTELEN (1937) und STREIFF (1946) empfohlen, die Bestimmung des Stempeldruckwertes mit einer Hilfs-person vorzunehmen. Ein Assistent hat mit dem Dynamometer den Stempeldruck auszuüben und darauf zu achten, daß er genau radiär auf den Bulbus einwirken kann analog dem Vorgehen, das BAILLART für das Dynamometrieren beim Spiegeln im umgekehrten Bild an-gegeben hat.

FREUSBERG und WEIGELIN haben (1948) sogar ein Dynamometrieren zu dritt empfohlen, wobei sich die eine Hilfsperson nur mit der radiären Applikation des Instrumentes zu beschäftigen hat, während das Ab-lesen des Druckes durch einen 2. Assistenten geschieht. Dadurch wird die von den Autoren im Arretierungsmechanismus gesehene Fehler-quelle ausgeschaltet.

Wie RINTELEN 1938 an Hand vergleichender Untersuchungen gezeigt hat, ist eine rasche Ausführung der einzelnen Druckmessungen

nicht nötig, da durch langsames Dynamometrieren keine fühlbare Druckminderung durch den sog. Stauungsfehler (SERR) eintritt. Jedemfalls kann dieser Stauungsfehler durch die Geschwindigkeit der Messung nicht wesentlich beeinflußt werden. FREUSBERG und WEIGELIN haben 1948 bestätigende Angaben veröffentlicht.

Die Zusammensetzung des durch die Untersuchungsmethode ermittelnden Nad. aus dem vorbestehenden Intraoculardruck und der dynamometrisch eruierten Druckerhöhung beruht auf der Addition eines in mm Hg angegebenen Wertes zu einem Grammwert. Diesen kombinierten Wert erhalten wir mit Hilfe der an narkotisierten Katzen und zum Teil durch Analogieschluß ermittelten Tabellen von BAILLART und MAGITOT oder auf Grund der an menschlichen Leichenaugen gewonnenen Tabellenwerte von BRÜNIG und SOHR. Die so ermittelten Zahlen können natürlich nur approximativ sein und geben keinesfalls die absoluten Verhältnisse in den von uns untersuchten Gefäßen wieder. Da wir aber nicht nur an Relativwerten im Laufe einer längeren Beobachtung interessiert sind, sondern uns über die tatsächlichen Druckverhältnisse in diesen mit den Hirngefäßen in so naher Beziehung stehenden Arterien unterrichten lassen wollen, so haben wir zu versuchen, durch eine Modifikation der Methode diesem Ziel näherzukommen. RINTELEN (1938) und später auch STREIFF (1946) haben darauf hingewiesen, daß wir durch die Ermittlung des sog. Kombinationswertes auf das ungenaue Umrechnen nach Tabellen verzichten können. Wir lassen bei diesem Verfahren den gefundenen Dynamometerwert erneut auf das Auge einwirken und tonometrieren gleichzeitig. Daß wir überhaupt diesen Kombinationswert angeben und uns nicht mit dem zum Nad. in bestimmter (allerdings inkonstanter) Beziehung stehenden Dynamometerwert begnügen, ist eigentlich selbstverständlich; wir laufen sonst Gefahr, eine Rechts-Links-Differenz im Nad. bei gleichhohem Dynamometerwert aber verschiedenen Tonometerdruckwerten zu übersehen.

Um zu zeigen, wie stark die Dynamometerwerte eines einzelnen Untersuchers von denjenigen, die bei einer Untersuchung mit Assistenz gewonnen werden — wobei ja besonders auf die Ausschaltung von Fehlerquellen geachtet werden kann — verschieden sind, und um die Unterschiede aufzuzeigen, die sich in der Ermittlung des Nad. durch Umrechnung aus Tonometer-plus Dynamometerwert oder aber der Messung des „Kombinationswertes“ ergeben, haben wir an 70 Personen systematisch vergleichende Messungen vorgenommen. Das Untersuchungsgut umfaßt Personen mit verschiedenen Brachialis-Druckhöhen von diastolisch 65—140 mm Hg. Wir haben dazu folgende Versuchsanordnung gewählt:

Nach Messung des Brachialisdruckes links wurde generell am linken Auge nach einer Oberflächenanästhesie durch 2%iges Diocain der vorbestehende Intraoculardruck ermittelt.

Anschließend wurden in Abständen von ungefähr 10 min in Syntropan Mydriase je durch einen Assistenten¹ und den Verfasser eine „Ein-Mann-Untersuchung“ (EMS) durchgeführt bzw. gemeinsam Werte nach dem „Zwei-Mann-System“ (ZMS) erhoben. Wir haben dabei je 3 Ablesungen vorgenommen und als Resultat den Mittelwert betrachtet. Schließlich wurde sofort anschließend an die Messung nach dem ZMS wiederum der Intraoculardruck gemessen und dann der Kombinationswert ermittelt durch erneutes Anlegen des Stempeldruckes und gleichzeitiges Tonometrieren.

Wir haben bei allen Untersuchungen nur den diastolischen Wert bestimmt, weil die bei der Messung anzuwendende Applikation eines recht hohen Druckes für den systolischen Wert bei Patienten mit sklerotischen Gefäßen unter Umständen irreparable Schädigungen mit all ihren unerwünschten Konsequenzen nach sich ziehen könnte.

Betrachten wir die dabei gewonnenen Resultate, die wir in Tabelle 1 zusammengefaßt haben, so können wir, unter Berücksichtigung der während der Untersuchung gemachten individuellen Erfahrungen, folgendes feststellen:

Bei allen 70 Personen zeigte sich eine Differenz zwischen den EMS-Durchschnittswerten einerseits und dem Ergebnis nach dem ZMS auf der andern Seite, und zwar bei den weitaus meisten in Form einer Erniedrigung des ZMS-Resultates. Das war eigentlich zu erwarten, wenn wir uns die speziell bei dieser Messung auftretenden Fehlerquellen vergegenwärtigen:

Beim EMS ist aus dem gut verständlichen Grund der Aufmerksamkeitsverteilung auf mehrere Kriterien zur gleichen Zeit die Wahrscheinlichkeit des unkorrekten Aufsetzens des Baillart-Instrumentes auf den Bulbus, kurz das Kanteln, in einem Maße vorhanden, wie sie für das ZMS nicht in Frage kommt. Denn gerade hier kann sich ja der Assistent genauestens auf diese radiäre Stempeldruckeinwirkung konzentrieren und wird selbst durch die Betätigung des Arretierungsmechanismus oder das Ablesen der Stempelmarke kaum abgelenkt. Der ophthalmoskopierende Untersucher hat seine alleinige Aufmerksamkeit auf das Pulsphänomen zu richten. Bei hohen Dynamometerdrucken, z. B. bei Hypertonikern, erfolgt eine leichte Bulbusverlagerung, die ein Mitgehen des ophthalmoskopierenden Untersucherauges er-

¹ Herr Dr. W. BAMERT, Assistent an der Ophthalmologischen Klinik und Poliklinik war mir bei der Erhebung der ZMS-Werte in verdankenswerter Weise behilflich und hat auch die 2. EMS-Messung ausgeführt.

Tabelle 1. Zusammenstellung der Dynamometerwerte nach dem EMS und ZMS und ihrer Differenzen, sowie der Kombinationswerte nach Umrechnung oder tonometrischer Messung. Ordnung der Fälle nach dem diastolischen Brachialisdruck. Fälle 1—43.

Alter	Geschlecht	Brachialis- Blutdruck (mm Hg)	Dynamometrie durch 1 Person (g)		Dynamometrie mit Assistenz (g)		Differenz EMS/ZMS		Tonometrie nach Schütz (mm Hg)	Kombinationswert = Nad. (mm Hg)	Nad. durch Umrechnung nach BAILLART
			BD brach.	Dyn. EMS (1)	Dyn. EMS (2)	Dyn. ZMS	Δp . max.	Δp . min.			
1	23	O ₃	110/65	42	46	42	4	0	14	36	42
2	25	O ₃	120/65	31	28	26	5	2	13	20	24
3	27	O ₃	115/65	41	51	47	6	4	11	31	42
4	25	O ₃	110/70	40	38	36	4	2	15	—	36
5	24	O ₃	120/70	57	55	51	6	4	11	33	45
6	25	O ₃	125/70	47	45	41	6	4	12	36	38
7	25	O ₃	115/70	34	31	38	7	4	18	36	42
8	25	O ₃	125/70	40	49	41	8	1	12	27	31
9	39	O ₃	140/75	35	—	34	1	—	20	31	42
10	48	O ₃	130/75	33	34	32	2	1	20	31	38
11	27	O ₃	130/75	58	56	59	3	1	20	49	64
12	47	O ₃	130/75	55	55	52	3	3	18	45	55
13	23	O ₃	130/75	40	37	36	4	1	15	33	36
14	25	O ₃	140/75	46	47	50	4	3	23	54	62
15	29	O ₃	140/75	32	29	27	5	2	20	36	32
16	45	O ₃	140/75	35	31	29	6	2	13	24	26
17	24	O ₃	120/75	47	40	48	8	1	14	39	48
18	24	O ₃	125/75	51	39	43	8	4	10	31	38
19	24	O ₃	125/75	44	42	52	10	8	12	33	46
20	23	O ₃	125/75	48	37	47	10	1	13	27	42
21	32	O ₃	135/80	33	33	32	1	1	12	28	28
22	23	O ₃	140/80	42	40	39	3	1	19	33	48
23	21	O ₃	130/80	39	37	35	4	2	18	45	40
24	45	O ₃	140/80	43	46	42	4	1	—	—	—
25	26	O ₃	125/80	38	36	41	5	3	15	31	40
26	24	O ₃	125/80	40	44	45	5	1	19	31	50
27	24	O ₃	140/80	39	37	34	5	3	14	31	32
28	25	O ₃	130/80	40	40	46	6	6	19	36	50
29	21	O ₃	135/80	41	42	34	8	7	20	33	40
30	25	O ₃	120/80	40	33	31	9	2	20	42	36
31	28	O ₃	140/80	61	50	49	11	1	18	31	55
32	26	O ₃	130/80	47	47	34	13	13	11	23	30
33	23	O ₃	135/85	42	44	42	2	0	12	36	40
34	27	O ₃	130/85	43	42	40	3	2	17	33	44
35	25	O ₃	125/85	41	48	39	9	2	13	31	35
36	25	O ₃	130/85	48	49	48	6	5	13	36	40
37	27	O ₃	125/85	51	43	40	11	3	14	38	40
38	29	O ₃	135/90	41	40	37	4	3	18	45	42
39	25	O ₃	125/90	43	41	38	5	3	15	36	38
40	21	O ₃	135/90	34	37	41	7	4	17	36	44
41	26	O ₃	135/90	42	41	47	6	5	18	39	42
42	39	O ₃	140/90	42	42	36	6	6	20	45	42
43	24	O ₃	140/90	41	43	36	7	5	23	39	48

Tabelle 1. (Fortsetzung.) Fälle 44—70

Alter	Geschlecht	Brachialis- Blutdruck (mm Hg)	Dynamometrie durch 1 Person (g)		Dynamometrie mit Assistenz (g)	Differenz EMS/ZM ^s	Differenz EMS/ZMS	Tonometrie nach Schörtz (mm Hg)	Kombinationswert = Nad. (1mmHg)	Nad. durch Umrechnung nach BAILLIET
			BD brach.	Dyn. EMS (1)						
44	23	♂ + O ₂ + O ₃								

Tabelle 2. Vergleich der sich aus Dynamometerwerten der EMS ergebenden mittleren Differenz mit derjenigen aus Werten nach dem ZMS, an Hand von 6 ausgewählten Fällen aus Tabelle 1.

	Dyn. EMS (1)				Mittlere Differenz	Dyn. EMS (2)				Mittlere Differenz	Dyn. ZMS				Mittlere Differenz
	1	2	3	0		1	2	3	0		1	2	3	0	
1	50	45	42	46	5 ¹ / ₃	47	45	48	47	2	50	50	50	50	0
2	42	45	42	43	2	48	42	48	46	4	42	42	42	42	0
3	38	42	40	40	2 ² / ₃	30	40	30	33	6 ² / ₃	30	32	32	31	1 ¹ / ₃
4	65	60	58	61	3 ¹ / ₃	45	55	50	50	6 ¹ / ₃	48	52	49	49	2 ¹ / ₃
5	45	48	47	47	2	48	43	50	47	3 ² / ₃	35	34	34	34	2 ¹ / ₃
6	32	32	38	34	4	42	36	34	37	4 ² / ₃	42	40	42	41	1 ¹ / ₃

fordert und somit ein Kanten beim EMS fast unvermeidlich werden läßt. Dieses Kanten bedingt, wie wir schon gesehen haben, rein physikalisch nach dem Kräfteparallelogramm eine Erhöhung der Stempeldruckwirkung zur Erreichung desselben Innendruckes, der dem Nad. äquivalent sein soll. Gerade bei hohen Drucken kommt dabei meist ein Zug am lateralen Lidwinkel nach hinten zustande, was sehr oft einen reflektorischen Blepharospasmus des Patienten zur Folge hat. Dadurch ist es unter anderem erklärlich, daß die Diskrepanz zwischen EMS- und ZMS-Werten nicht noch größer ist, da durch das Klemmen der vorbestehende Intraoculardruck erhöht wird und somit der durch

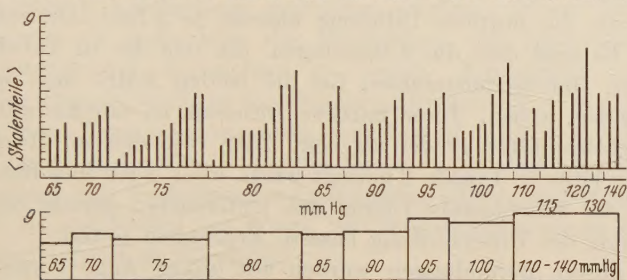


Abb. 2. Anordnung der maximalen Differenzwerte zwischen EMS und ZMS nach zunehmendem diastolischen Brachialisdruck. Oben: Einzelwerte. Unten: Durchschnittswerte für Gruppen mit gleichem diastolischem Brachialis-Blutdruck.

das Kanten in vermehrtem Maße nötige Stempeldruck etwas reduziert erscheint. Auch könnten wir uns rein theoretisch vorstellen, daß bei stärkerer Verformung des Bulbus und größerer Eintauchtiefe des Stempels, was ja bei höheren Drucken eher der Fall ist, die Fehlerquelle nach dem Kräfteparallelogramm weniger zur Auswirkung kommt, weil sich die Oberfläche des Bulbus auch beim Kanten dabei wieder mehr senkrecht auf die Druckrichtung einstellen kann.

Dies gibt uns vielleicht auch einen Hinweis darauf, warum die Differenzen in unseren Versuchen bei Hypertonikern nicht noch höher ausgefallen sind.

In Abb. 2 haben wir diese Differenzen zwischen dem ZMS-Wert und dem entfernteren der EMS-Werte zusammengestellt für alle 70 Patienten, geordnet nach dem diastolischen Brachialisdruck. Wir können daraus ersehen, daß bei hohem Brachialisdruck eine Häufung der relativen Fehlmessung besteht gegenüber den tieferen Riva Rocci-Druckwerten. Dazu ist noch zu bemerken, daß die Patienten mit niedrigem Blutdruck größtenteils zu Beginn unserer Versuche zur Untersuchung kamen, während die Hypertoniker gegen Ende erfaßt wurden. Im Laufe der Untersuchung hat die Routine beim Assistenten und Verfasser natürlich zugenommen, was hauptsächlich der Genauigkeit der ermittelten EMS-Werte zugute kam. Deshalb ist die Häufung

der hohen Differenzwerte im rechten Abschnitt der Abb. 2 nicht noch stärker ausgefallen.

Wir haben oben von „relativer“ Fehlmessung gesprochen. Relativ deshalb, weil wir ja nicht behaupten können, daß der nach dem ZMS gefundene Wert in der Kombination mit dem Tonometerdruck dem effektiven Nad. wirklich entspricht. Wohl aber können wir sagen, daß unter Berücksichtigung aller erwähnter Kautelen, die besonders zu Fehlmessungen Anlaß geben, der nach dem ZMS erhobene Befund die größere Gewähr für Richtigkeit bietet und so dem absoluten Nad. näherkommt. Als weiteres Kriterium zur Stützung dieser Behauptung können wir die mittlere Differenz unserer je 3 Nad.-Ablesungen anführen. Es sind dies die 3 Messungen, die uns die in Tabelle 1 angegebenen Durchschnittszahlen für die beiden EMS- und den ZMS-Wert ergeben haben. Diese mittlere Differenz ist durchschnittlich bei den EMS-Resultaten größer als beim ZMS (wie dies an Hand 6 ausgewählter Fälle in Tabelle 2 gezeigt wird), wenn auch hier festzuhalten ist, daß die zunehmende Übung der Untersucher gerade beim EMS gegen Ende der Untersuchung bessere Ergebnisse zeitigt.

Alle unsere Befundungen wurden am linken Auge vorgenommen, weil dem Rechtshänder im EMS die Applikation des Dynamometers am rechten Auge des Patienten zusätzlich erschwert ist. Vergleichende Untersuchungen am rechten Auge ließen also noch größere Differenzen zwischen den Stempeldrucken erwarten.

Um eine Beeinflussung der Werte durch den Lauf der Untersuchung im Sinne einer Bulbusmassage zu erfassen, haben wir vorgängig der Nad.-Messung den Tonometerdruck bestimmt und bei der Messung des Kombinationswertes diesen Befund erneuert. Infolge der eingehaltenen Intervalle bei den Messungen des Dynamometerdruckes war eine Änderung des vorbestehenden Intraoculardruckes generell in Form einer Senkung von durchschnittlich nur 1—2 mm Hg zu beobachten. Wir können diese Veränderungen für das hier Darzustellende vernachlässigen. Auch sie beeinflußt ja unsern als 3. erhobenen ZMS-Wert, der allgemein niedriger als der EMS-Wert ist, im Sinne einer Erhöhung. Trotz der in der zeitlich beschränkten Versuchsanordnung liegenden Quellen der Verminderung unserer Differenzwerte zwischen den beiden Systemen ist doch aus all dem hier Aufgezeichneten ersichtlich, daß der Methode der Untersuchung mit Assistenz der Vorzug zu geben ist, wollen wir nicht gar eine kaum mehr praktisch zu nennende zeitraubende Untersuchung zu dritt vornehmen.

Betrachten wir nun noch die Vergleichswerte zwischen dem durch Umrechnung gewonnenen und dem durch erneute Tonometrie bei gleichzeitiger Einwirkung des Dynamometerdruckes erhaltenen Kombinations-

wert, so ersehen wir aus den 3 letzten Kolonnen von Tabelle 1, daß die Umrechnungswerte fast durchwegs höher liegen als die gemessenen Kombinationsdrucke. Der zugrunde liegende Tonometerdruck ist natürlich für beide Werte der gleiche, er wurde sofort nach Ausführung der ZMS-Messung erhoben, und gleich anschließend fand die Kombinationswertbestimmung statt. Die Gründe, die ein Verlassen der alten Umrechnungsmethode erheischen, wurden schon erwähnt. Sie sind hauptsächlich in der Problematik der zur Umrechnung verwandten Kurvenwerte zu sehen. Diese Problematik liegt darin, daß diese Kurven teils im Tierexperiment und durch Deduktion oder durch Versuche am menschlichen Leichenaugen gewonnen wurden. Durch den neuen Modus haben wir andererseits die Möglichkeit, die Skalenfehler des Baillart-Instrumentes unbeachtet zu lassen. Eigentliche Dynamometriefehler können bei dieser Kombinationsdruckbestimmung nur noch durch ungenaue Tonometriertechnik entstehen und durch ein zu langes Intervall zwischen der Ermittlung des Dynamometerdruckes und seiner Reapplikation. Das Verhältnis des diastolischen allgemeinen Blutdruckes zum Nad. ist auf Grund der Werte bei 39 Versuchspersonen mit normalem Brachialisdruck folgendes:

Für die nach dem Umrechnungsmodus mit Hilfe der Baillart-Magiotot-Tabellen erhaltenen Werte ergibt sich die Relation diastolischer Brachialisdruck:diastolischer Nad. = 100:46,5, also eine weitgehende Bestätigung des von BAILLART 1923 angegebenen Verhältnisses (100:45). Beim Zugrundelegen aber der nach der Kombinationsmethode ermittelten Werte erhalten wir eine Relation diastolischer Brachialisdruck:diastolischer Nad. = 100:41,7. Die mittlere Differenz zwischen den Umrechnungswerten und den Kombinationswerten beträgt für alle 70 Personen 8,7, das Differenzmaximum ist 24, das -minimum 0 mm Hg. Bei 62 unserer 70 Personen ist diese Differenz so, daß der Kombinationswert niedriger liegt als der Umrechnungswert.

Es muß weiteren Messungen an einem größeren Krankengut vorbehalten bleiben, die oben angegebene STREIFFSche Formel auf Grund der nun genaueren Nad.-Messungsergebnisse zu überprüfen und für die einzelnen Krankheitsbilder durch systematische Nachuntersuchungen exaktere Resultate zu ermitteln.

Zusammenfassung.

Es wurde an Hand vergleichender systematischer Untersuchung an 70 Patienten gezeigt, daß sich durch Dynamometrieren mit einem Assistenten Fehlerquellen ausschalten lassen, die bei Untersuchung durch nur eine Person durchwegs zu hohe Meßresultate verursachen. In der Diskussion der Möglichkeiten zu Fehlmessungen wurde besonders darauf hingewiesen, daß sich infolge des Eigengewichtes des

Dynamometerstempels die Meßresultate bei verschiedener Haltung des Instrumentes — in Abhängigkeit zum eingehaltenen Winkel — in bestimmter Weise verändern, auch dann, wenn auf peinlich radiäre Druckeinwirkung auf den Bulbus geachtet wird. Zudem ist die Eichung des Instrumentes so getroffen, daß sich bei der meist üblichen horizontalen Meßhaltung eine Fehlangebe in der Höhe des Stempelengewichtes ergibt. Daraus folgt die Forderung nach der Ermittlung des sog. Kombinationswertes an Stelle der bisher meist üblichen Umrechnung.

Vergleiche der Kombinationswerte des vorbestehenden Tonometerdruckes mit den ermittelten Dynamometerwerten zwischen der Umrechnungsmethode nach BAILLART-MAGITOT und der von RINTELEN angegebenen Kombinationsdruckbestimmung lassen denn auch ihrerseits eine im allgemeinen zu hohe Angabe des Druckes durch Umrechnung erkennen.

Eine Dynamometerdruckmessung mit Assistenz und eine anschließende Ermittlung des Kombinationsdruckes auf tonometrischem Wege scheint Gewähr für eine einstweilen optimale Annäherung an den effektiven Netzhautarteriendruck zu bieten und liegt im Bereich des praktisch wohl stets Durchführbaren.

Literatur.

- BALARDI: Atti Accad. med. Torino **1906**, 393. — BAILLART: Ann. d'Ocul. **154**, 648 (1917). — La circulation rétinéenne à l'état normal et pathologique. Paris: Gaston Doin 1923. — BAURMANN: Klin. Mbl. Augheilk. **76**, 874 (1929). — BERENS, SMITH and CORNWALL: Arch. of Neur. **20**, 1151 (1928). — BLIEDUNG: Münch. med. Wschr. **1924**, 264. — FREUSBERG u. WEIGELIN: Klin. Mbl. Augheilk. **103**, 209 (1948). — HENDERSON and STARLING: Brit. J. Physiol. **31**, 305 (1914). — MAGITOT u. BAILLART: Ann. d'Ocul. **156**, 656 (1919). — MÜLLER, BRÜNIG u. SOHR.: Dtsch. Ophthalm. Ges. Heidelberg. Ref. Zbl. Ophthalm. **41**, 398 (1938). — RINTELEN: Schweiz. med. Wschr. **1937**, 791. — Klin. Mbl. Augheilk. **100**, 469 (1937). — Ophthalmologica **96**, 15 (1938). — Praxis **59**, 1027 (1950). — SCHIÖTZ: Acta ophthalm. (Københ.) **5**, 293 (1927). — SERR: Graefes Arch. **119**, 6 (1928). — Klin. Mbl. Augheilk. **100**, 274 (1938). — SPINELLI: Atti Congr. Soc. ital. Oftalm. **1934**, 795. — STREIFF: Schweiz. med. Wschr. **1937**, 796. — STREIFF u. BISCHLER: Ophthalmologica **106**, 161 (1943). — STREIFF u. MONNIER: Der retinale Blutdruck im gesunden und kranken Organismus. Wien: Springer 1946. — UYAMURA **33**, 190 u. SAGANUMA: Acta ophthalm. (Københ.) **38**, 1835 (1934). Ref. Zbl. Ophthalm. (1936). — WEIGELIN: Ber. dtsch. ophthalm. Ges. **1949**, 227, 394.

Dr. med. EDUARD KLOTER, Univ.-Augenklinik und Augenheilanstalt Basel,
Mittlere Straße 91.

Dr. med. EDUARD KLOTER, Neu-Münchenstein bei Basel, Lärchenstr. 48,
z. Zt. Ass.-Arzt, Chir. Abtlg., Bezirksspital Thun, Bern (Schweiz).